

# Fundamentos de Redes de Computadores

## Cap. 2 - Canais de Dados

Departamento de Informática da  
FCT/UNL

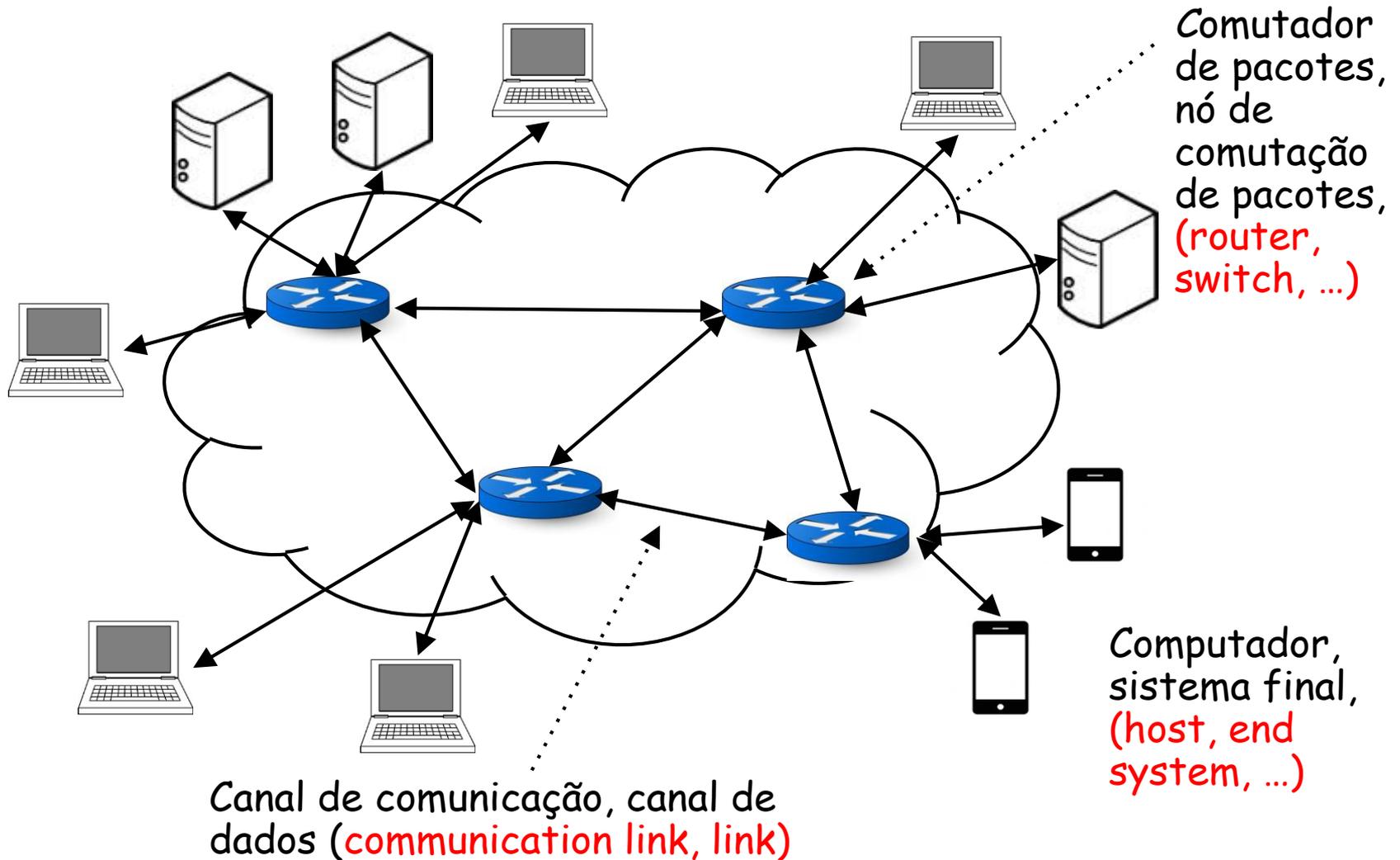
I'm gonna wrap myself in paper,  
I'm gonna dab myself in glue,  
Stick some stamps on top of my head!  
I'm gonna mail myself to you.

Woody Guthrie, folk song writer, The Mail Song

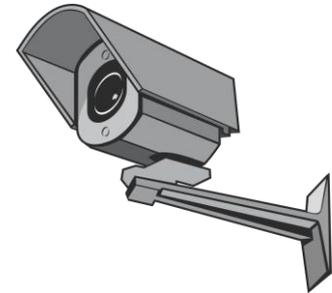
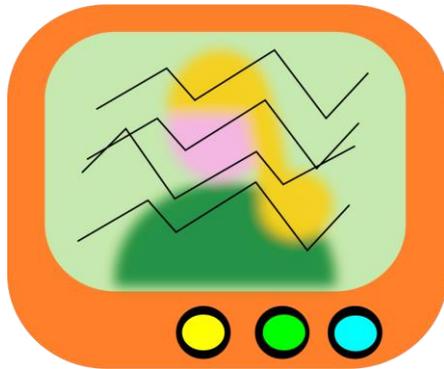
# Objectivos da lição

- O que é um canal de comunicação
- Tipos de canais de comunicação
- Meios de suporte à transmissão da informação
- Facetas do funcionamento dos canais
- Caracterização quantitativa dos canais de comunicação
- Exemplo

# Uma rede de computadores



# Sistemas finais (computadores)



# Comutadores de pacotes

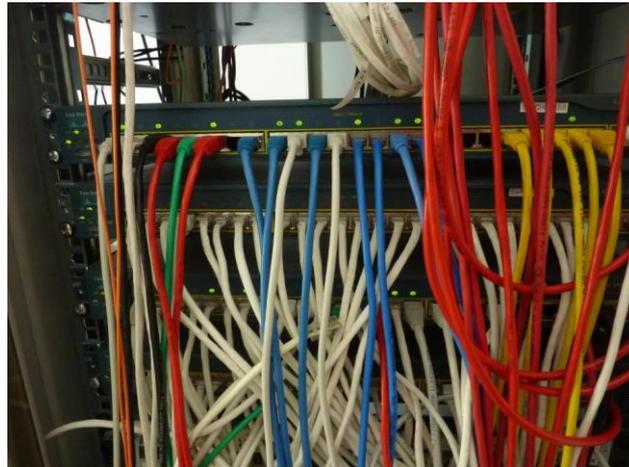
Pequeno  
comutador  
residencial



Comutadores das  
redes dos  
operadores

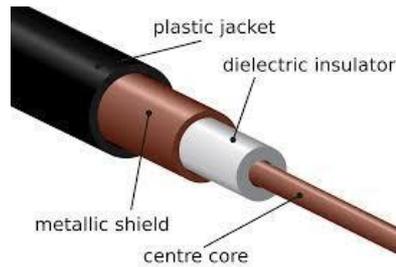


Comutadores  
das redes  
institucionais

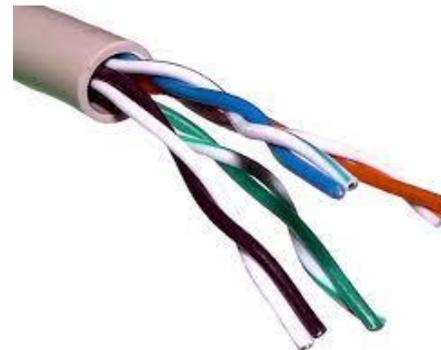
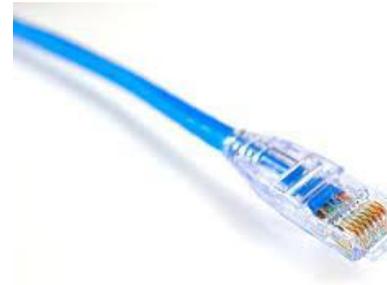
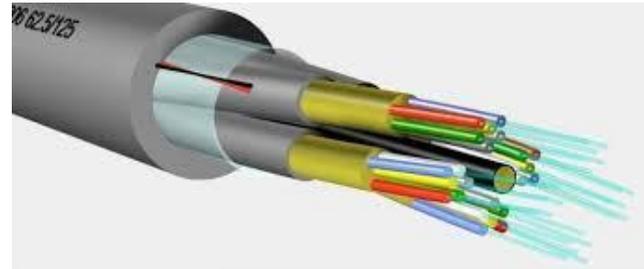


# O que é um canal?

## Interfaces / Network Adapters



## Meio de transmissão / Communication Medium



# Um canal de dados

Um canal de comunicação de dados (*data link*) é um dispositivo que permite a um conjunto de **nós de comunicação** trocarem directamente mensagens. O canal é formado por interfaces e um meio de propagação de sinal. As interfaces codificam a informação a transmitir da forma mais adequada para ser transmitida pelo meio. As mensagens transmitidas pelo meio de propagação chamam-se *frames*.

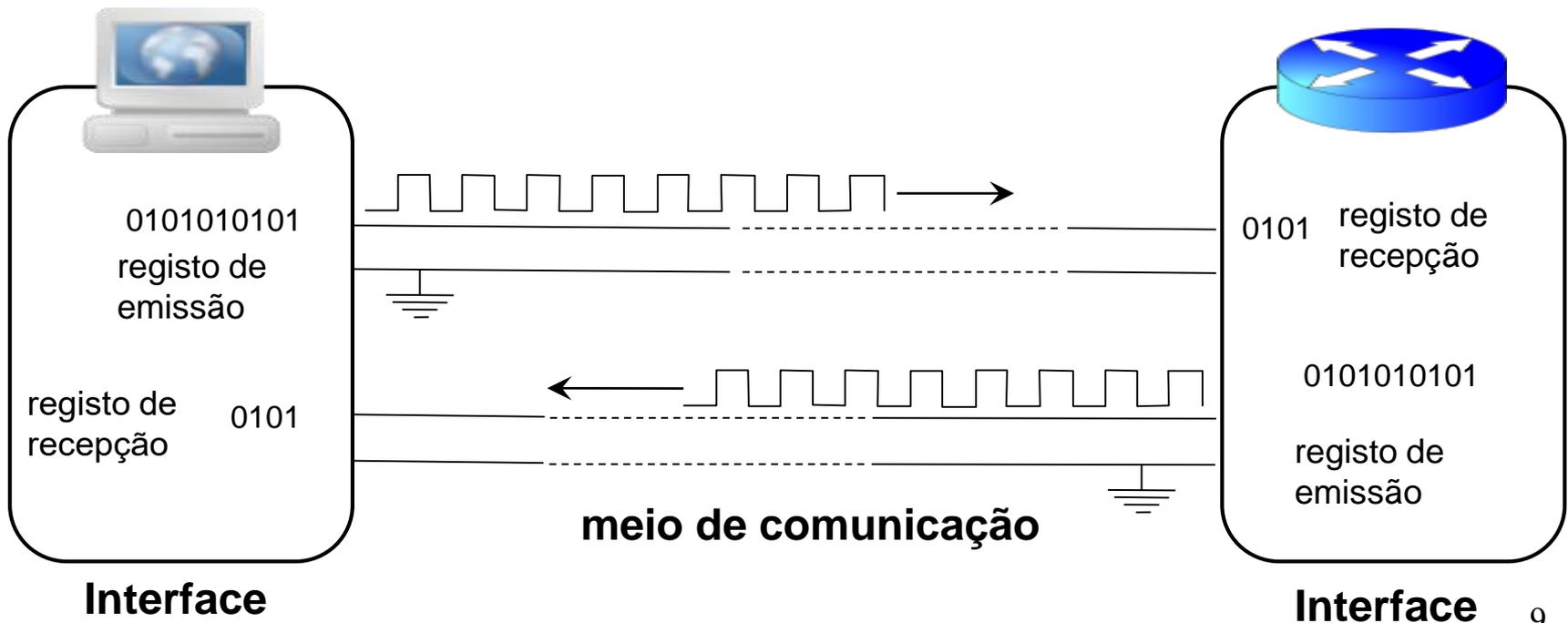
# Canal = interfaces + meio de comunicação

- **Nó emissor**

- Põe os pacotes no formato adequado à transmissão
- Emite o sinal correspondente

- **Nó receptor**

- Analisa o sinal recebido
- Verifica se há erros na transmissão, etc.
- Extrai o pacote



# Variantes dos canais

- **Simplex, full-duplex e half-duplex**
  - Simplex - só envia informação num sentido
  - Full-duplex é equivalente a dois canais simplex, um em cada sentido
  - Half-duplex é um canal que transmite nos dois sentidos mas só num sentido de cada vez
- **Canais ponto a ponto e multi-ponto**
  - Duas ou mais interfaces de comunicação
- ***Meios de propagação guiados versus não guiados***
  - Fios versus atmosfera ou o espaço

# Tipos de meios de transmissão

- **Suportes guiados**
  - Cabos coaxiais (e.g. alguns metros a milhares de metros)
  - Pares de fios de cobre (e.g. alguns a dezenas de metros)
  - Fibra óptica (e.g. alguns metros a centenas de Kms)
- **Suportes não guiados**
  - Atmosfera ou espaço (alguns metros a muitos milhares de Kms)
  - Este tipo de suportes conduzem a canais com débito variável e com elevada taxa de erros

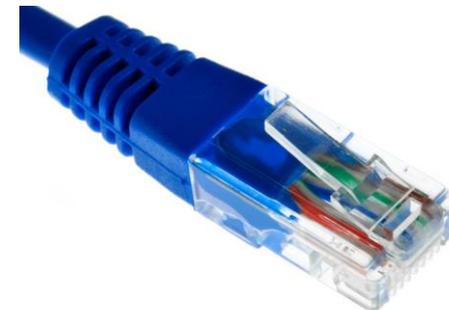
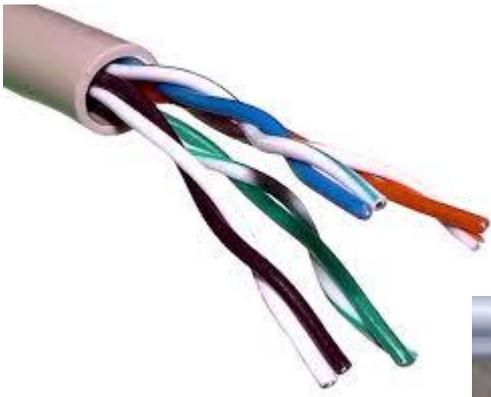
As características do suporte e a forma como os bits são codificados e transmitidos determinam o tamanho máximo do canal e o seu débito.

# Exemplos de meios de transmissão

*(physical media)*

# Cabos retorcidos ou entrançados

- Usam-se vários pares de fios de cobre retorcidos (*twisted pairs*) num único cabo, geralmente 8
- UTP = *Unshielded Twisted Pair* (STP - *Shielded ...*)
- Serve para distâncias até várias dezenas de metros dentro dos edifícios



# Cabos coaxiais

- Podem ser usados em locais expostos às intempéries pois são de maior qualidade que os pares retorcidos
- Servem para distâncias até várias centenas de metros fora dos edifícios



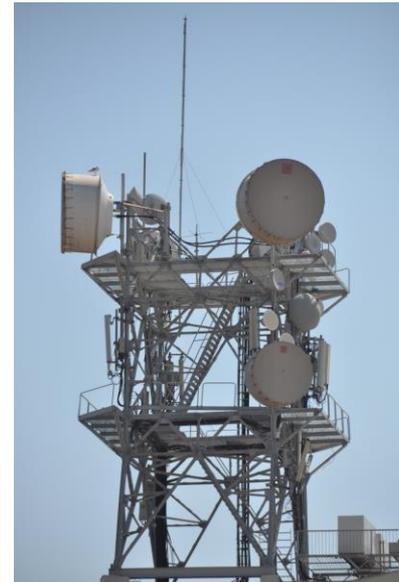
# Fibra óptica

- Condutor de vidro ou plástico transparente de reduzida espessura que transmite bits codificados em sinais luminosos
- Requer muito pouca energia e baixa taxa de erros o que permite grandes distâncias (centenas de Kms) e grandes débitos (até centenas de Giga bps).
- Um canal full-duplex é feito com um par de fibras



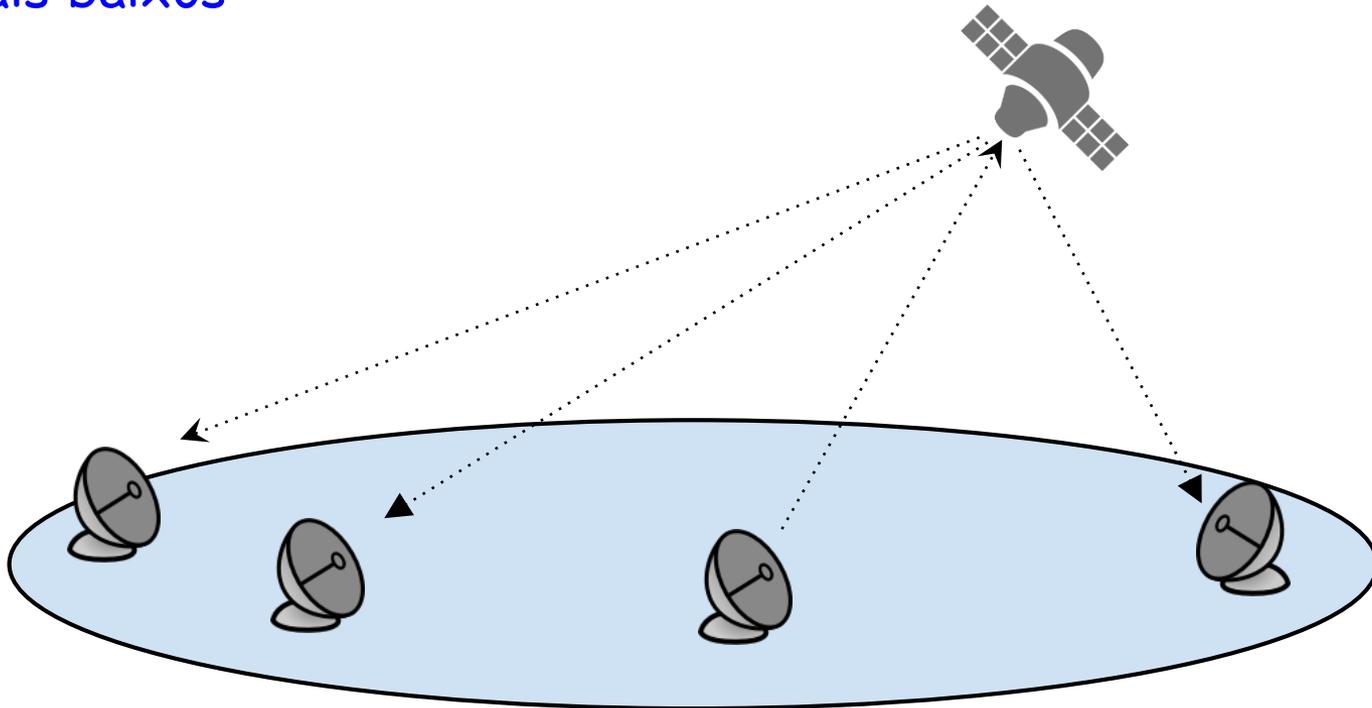
# Canais sem fios

- O meio de propagação é a atmosfera
- Transmissão fácil a pequenas distâncias, mais difícil e complexa a grandes distâncias
- Podem funcionar em multi-ponto ou ponto a ponto
- Elevadas taxas de erros



# Espaço

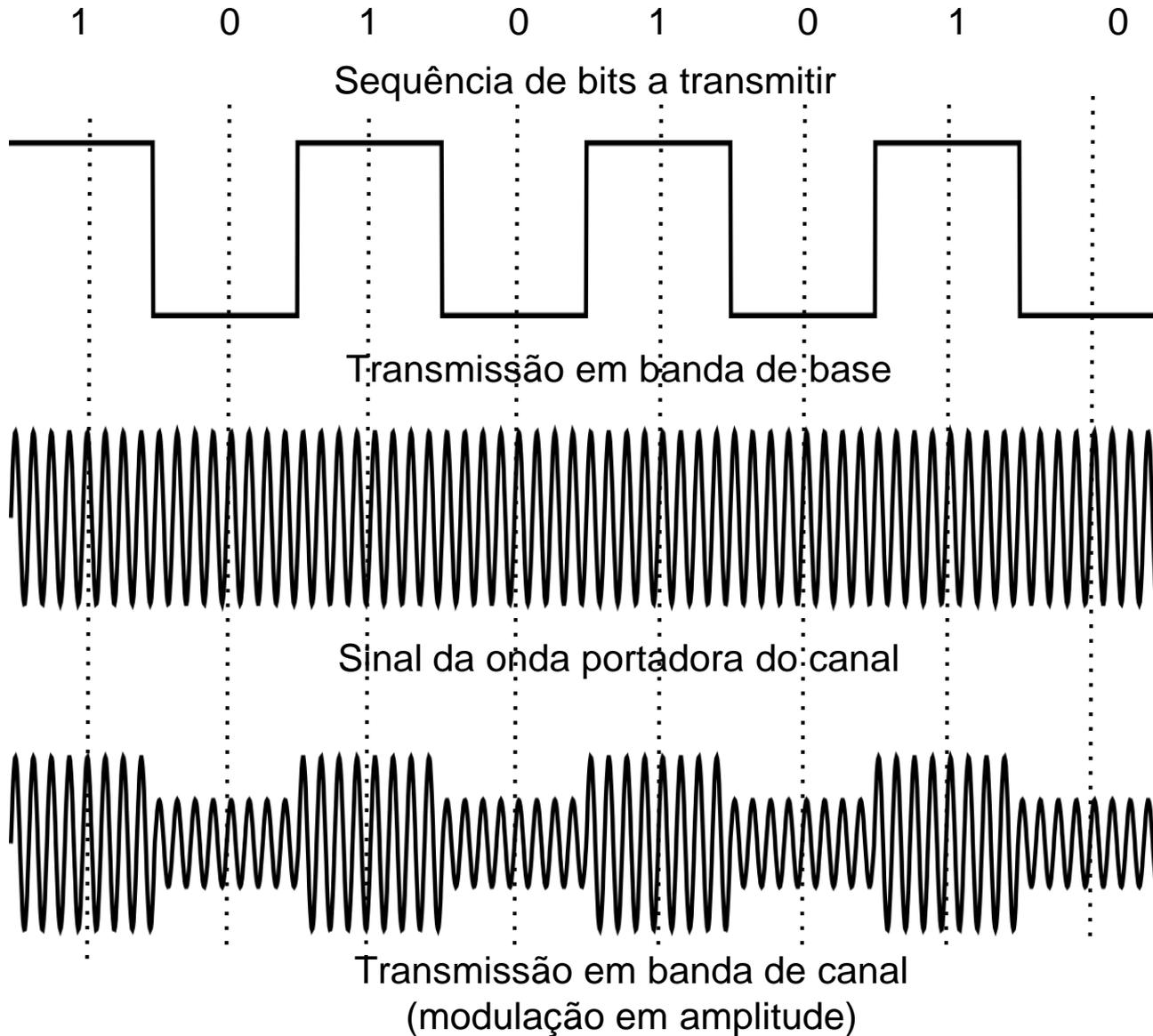
- Usam-se satélites para implementar canais de dados
- Têm um elevado tempo de propagação ( $\geq 250$  ms)
- Suportam naturalmente difusão e portanto podem suportar canais multi-ponto
- Alternativa às fibras (em zonas remotas) mas com débitos mais baixos



# Facetas de controlo dos canais

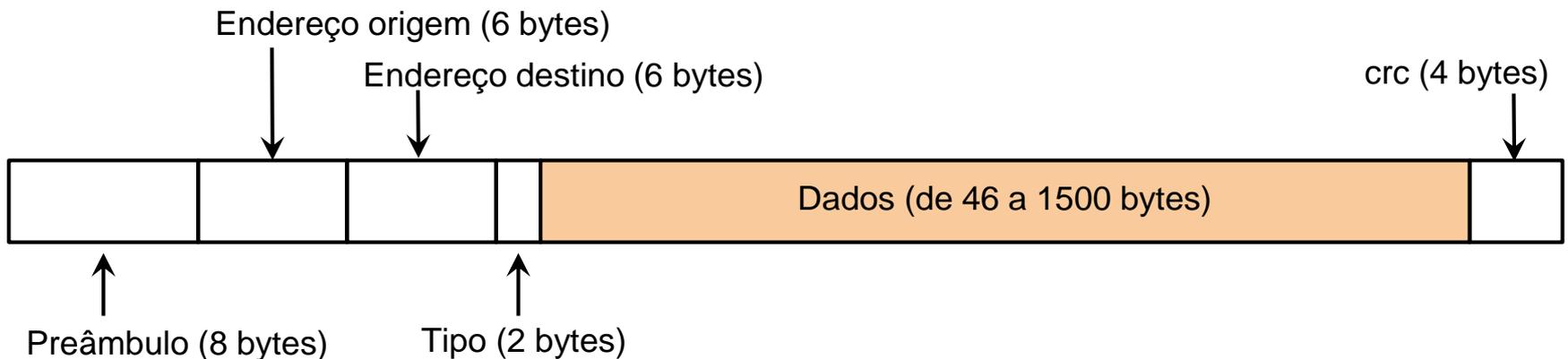
- Codificação
  - Forma de codificação dos bits no meio de transmissão
- Framing
  - Os bits são transmitidos em sequências designadas *link layer frames* juntando um sufixo e uma parte final (*header / trailer*)
- Detecção e controlo de erros
  - O receptor controla a presença de erros através de somas de controlo ou *checksums*
- Controlo de acesso ao canal (nos canais multi-ponto)
- Correção de erros e controlo de fluxo (opcionais)

# Codificação da informação

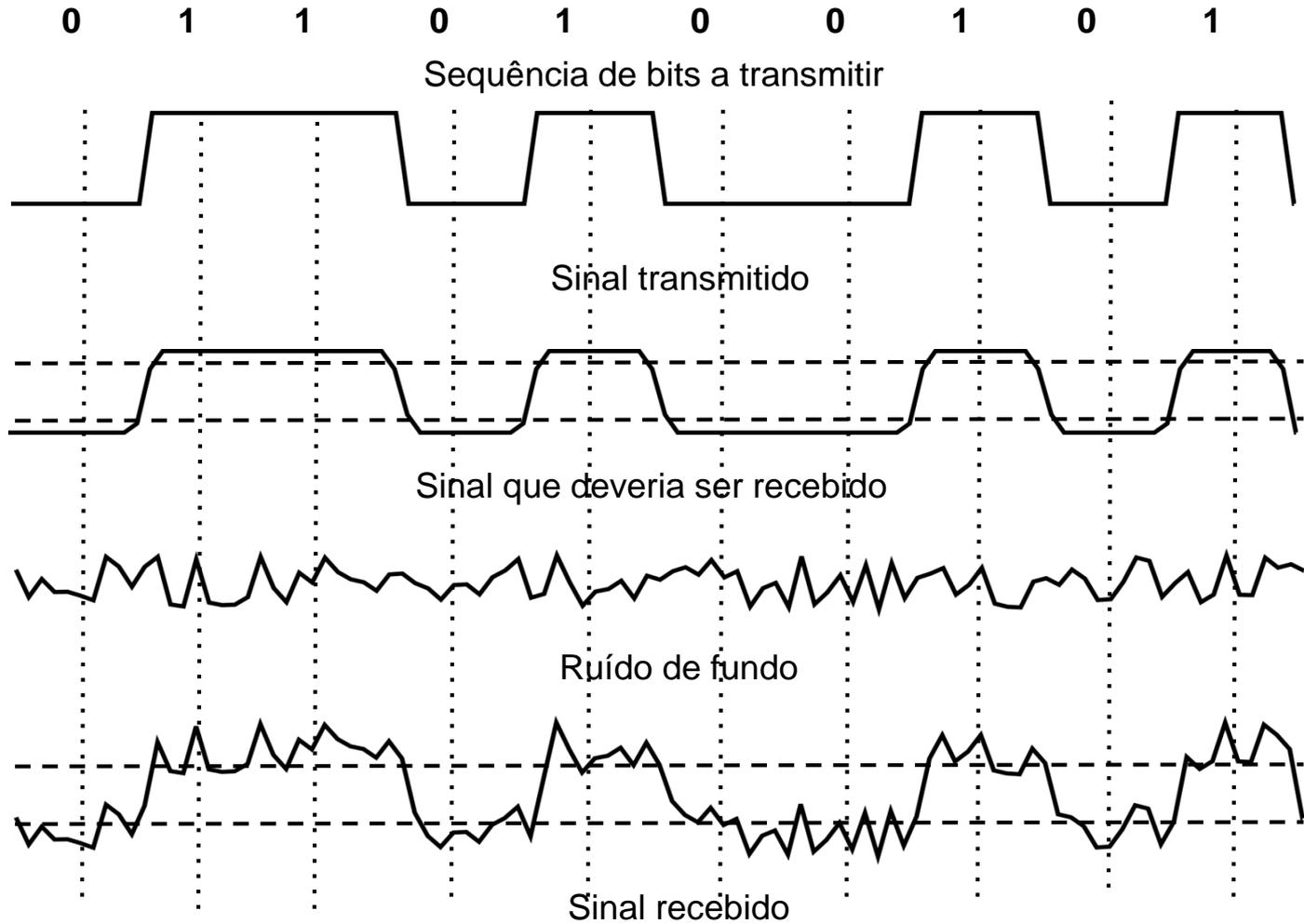


# Exemplo de Framing

- Exemplo de mensagem transmitida pelos canais Ethernet na sua versão 802.3
- Os bits são transmitidos pela ordem com que estão apresentados (primeiro os da esquerda e depois os da direita)
- Os primeiros bits são um preâmbulo, seguidos de cabeçalho de controlo, dados e um código de controlo de erros



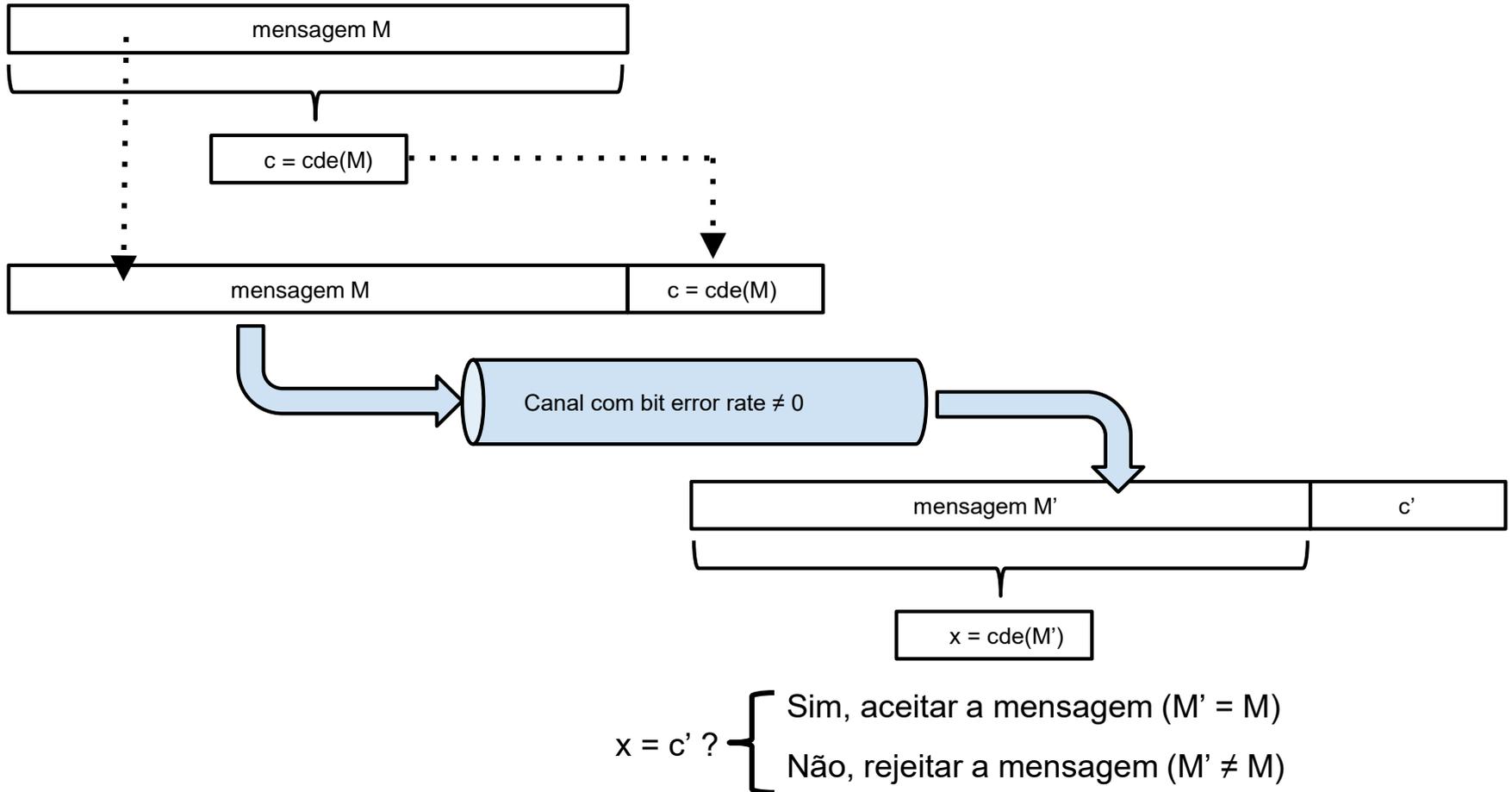
# Codificação, sinal, propagação e ruído



# Erros e seu tratamento

- A taxa de erros de um canal é a média entre o número de bits recebidos errados e a totalidade dos bits transmitidos
- A possibilidade de um *frame* com erros ser aceite como não os tendo seria muito grave, e é necessário diminuir drasticamente a possibilidade de isso acontecer
- Para esse efeito usam-se códigos de controlo de erros que são constituídos por informação redundante acrescentada aos dados transmitidos pelo emissor
- O receptor, através da análise desses códigos, detecta com uma certa precisão a presença de erros
- Existem dois tipos de códigos: os códigos de detecção de erros e os códigos de detecção e correcção de erros

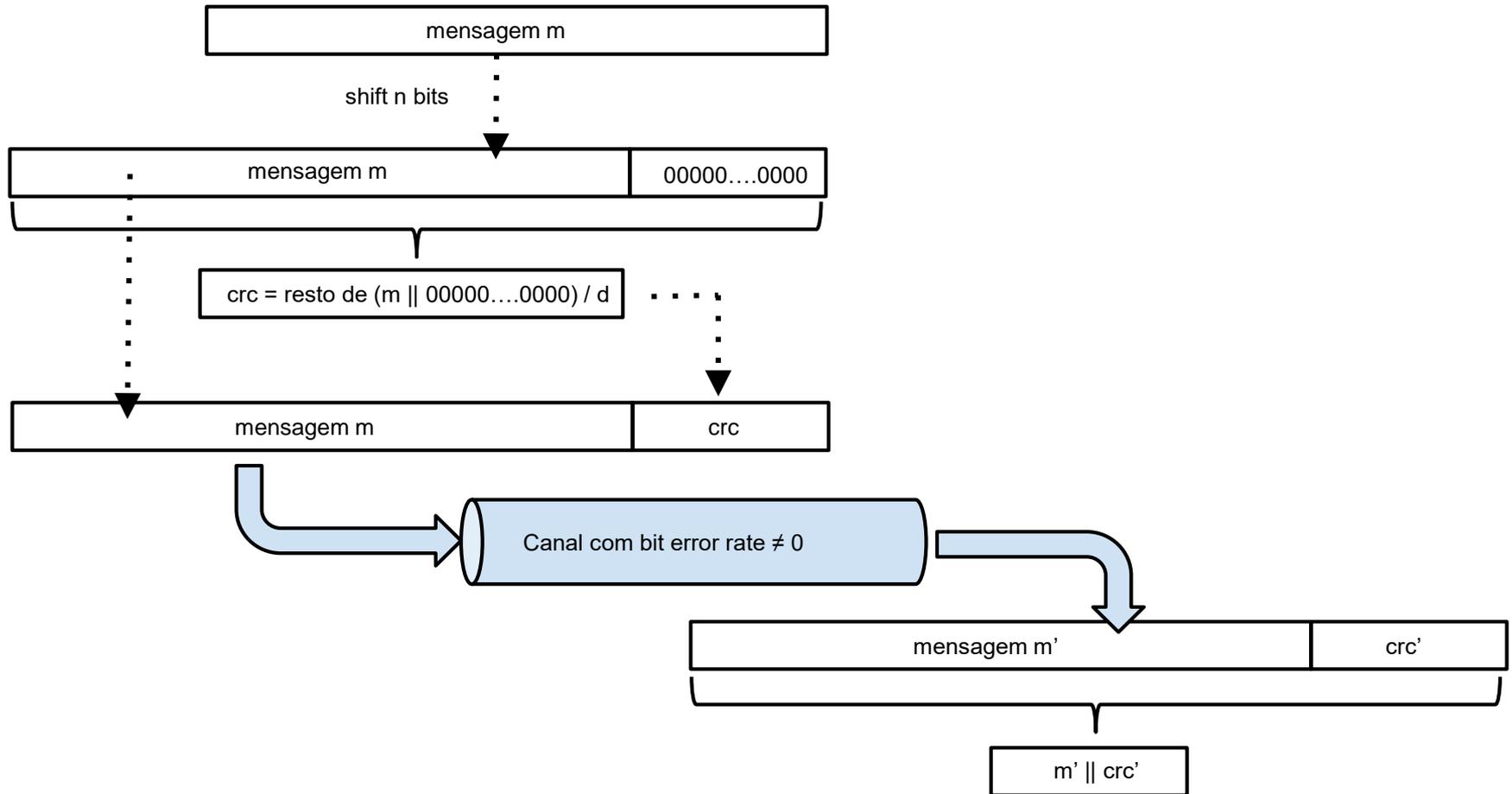
# Detecção de erros



# Códigos de detecção de erros

- Os códigos de detecção de erros mais comuns são uma espécie de funções de *hash* que devem ter uma probabilidade de colisão baixíssima, tendencialmente nula, mesmo usando poucos bits
- Os mais simples de calcular são as somas de controlo que são pouco eficazes e têm muitas colisões
- Os mais comuns são do tipo *CRC - Cyclic Redundancy Check*
- Os mais sofisticados são funções criptográficas mas geralmente só são usadas a nível aplicacional

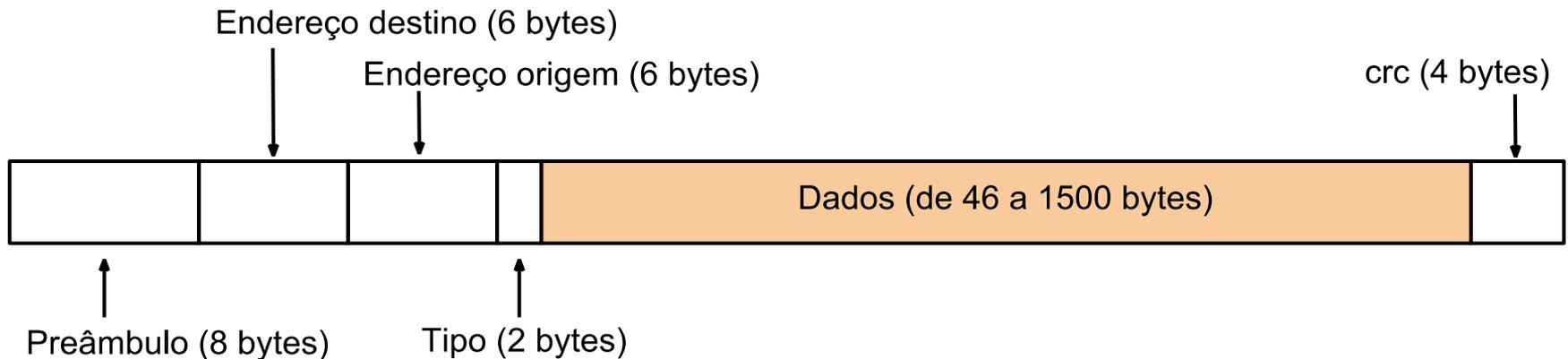
# Detecção de erros com CRC



$(m' \parallel \text{crc}') / d$  tem resto 0?  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Sim, aceitar a mensagem } (m' = m) \\ \text{Não, rejeitar a mensagem } (m' \neq m) \end{array} \right.$

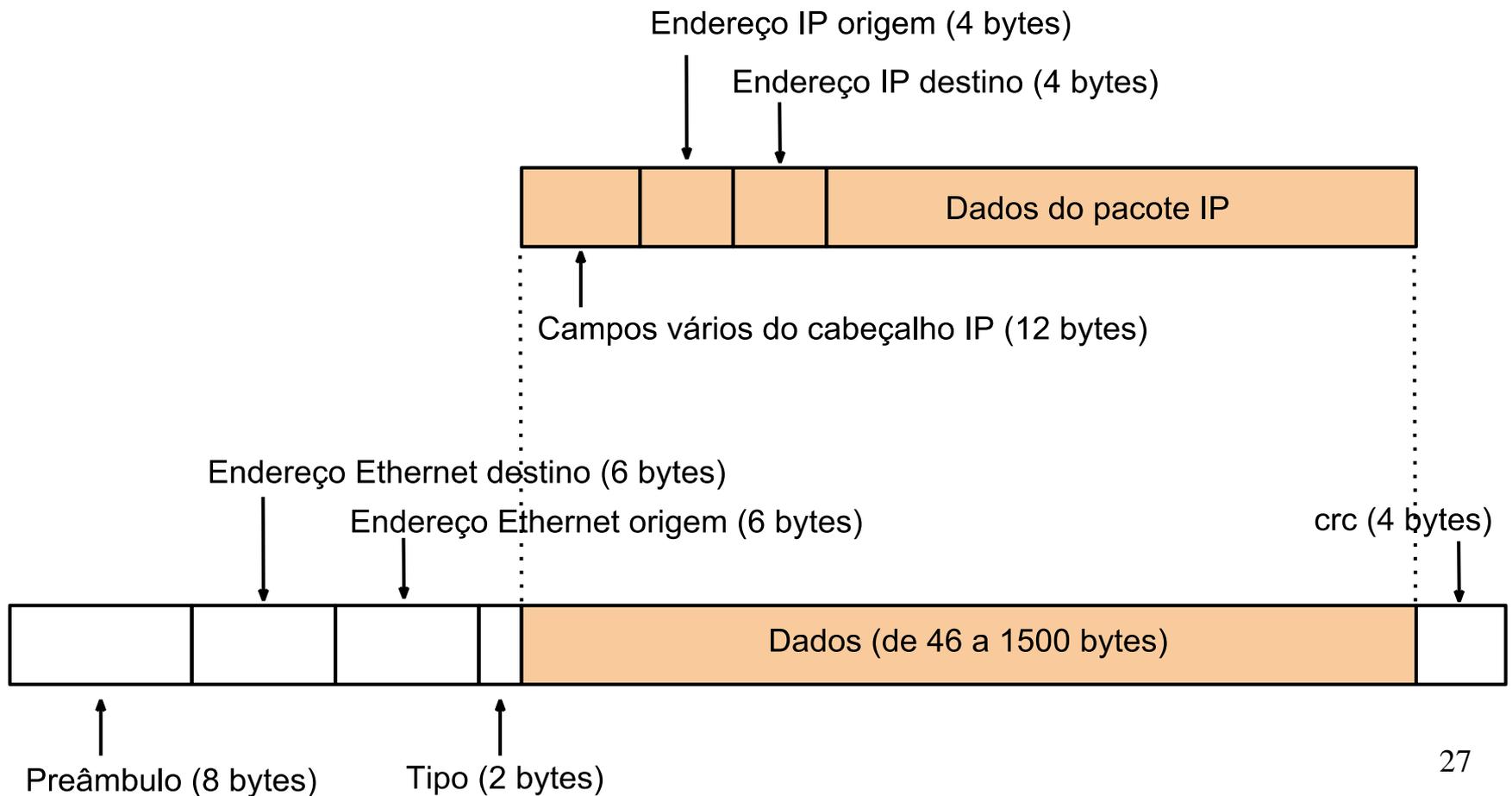
# Exemplo - Canais Ethernet

- Primeira rede de alto débito inventada
- Exemplo abaixo representa um frame Ethernet na variante IEEE 802.3
- Formatos compatíveis continuam a ser usados de forma universal em imensos tipos de canais diferentes



# Encapsulamento

- Os frames contêm na parte de dados mensagens dos níveis superiores (encapsuladas)
- Frequentemente os frames Ethernet transportam pacotes IP



# Caracterização quantitativa de um canal

## Débito

- O débito, capacidade ou velocidade de transmissão (*link bit rate or bandwidth*) de um canal é a quantidade de informação, medida em bits por segundo, que o canal é capaz de transmitir por unidade de tempo.
- Mede-se em K (kilo), M (mega), G (giga), ... bits por segundo (bps). Neste contexto, K é a abreviatura de  $10^3$  e não de  $2^{10}$  (idem para M, G, T, ...)
  - No entanto, quando apenas se pretende um resultado por aproximação o erro cometido é baixo

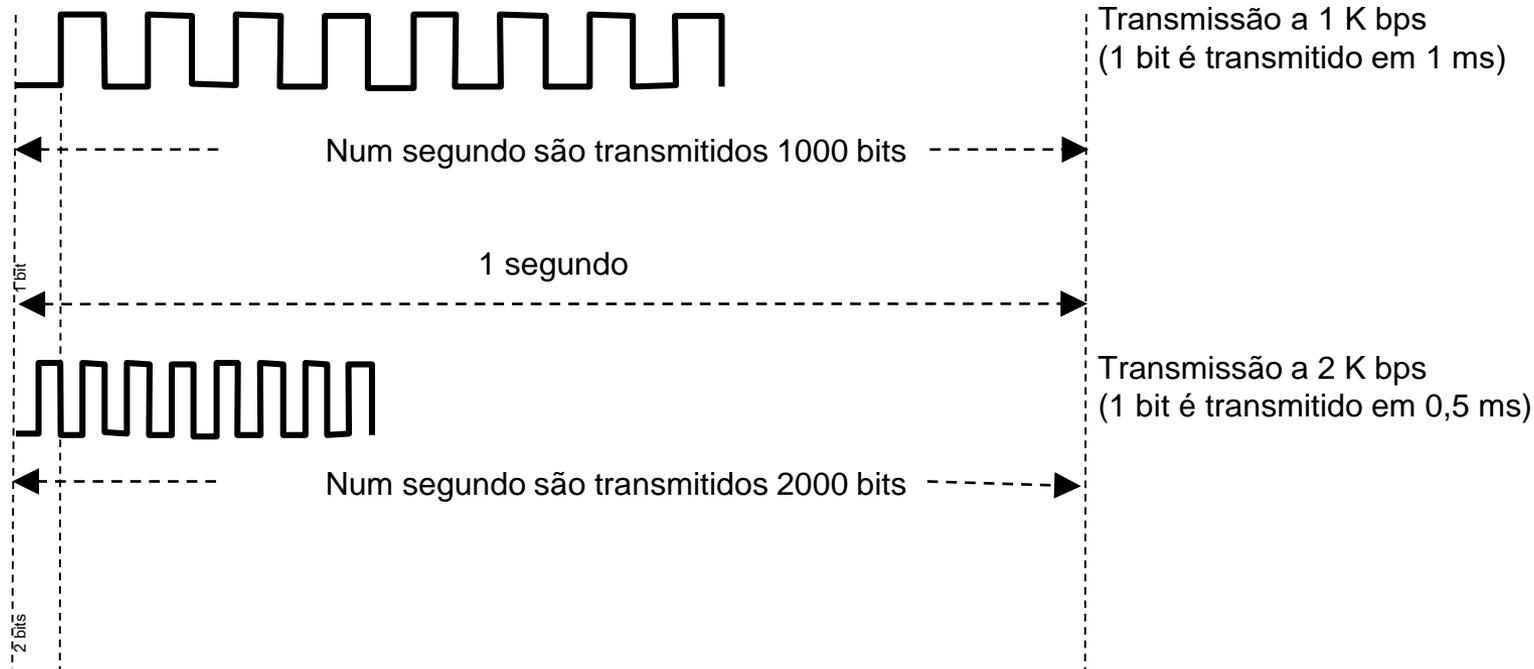
# Tempo de transmissão

O tempo de transmissão (*transmission time*) de um *frame* com  $D$  bits por um canal com o débito ou capacidade de  $C$  bits por segundo, *i.e.*, o tempo que medeia desde que começa a ser emitido o primeiro bit até que acabe de ser emitido o último bit, é  $D / C$  segundos.

Tempo de transmissão =

Dimensão do *frame* / Débito do canal

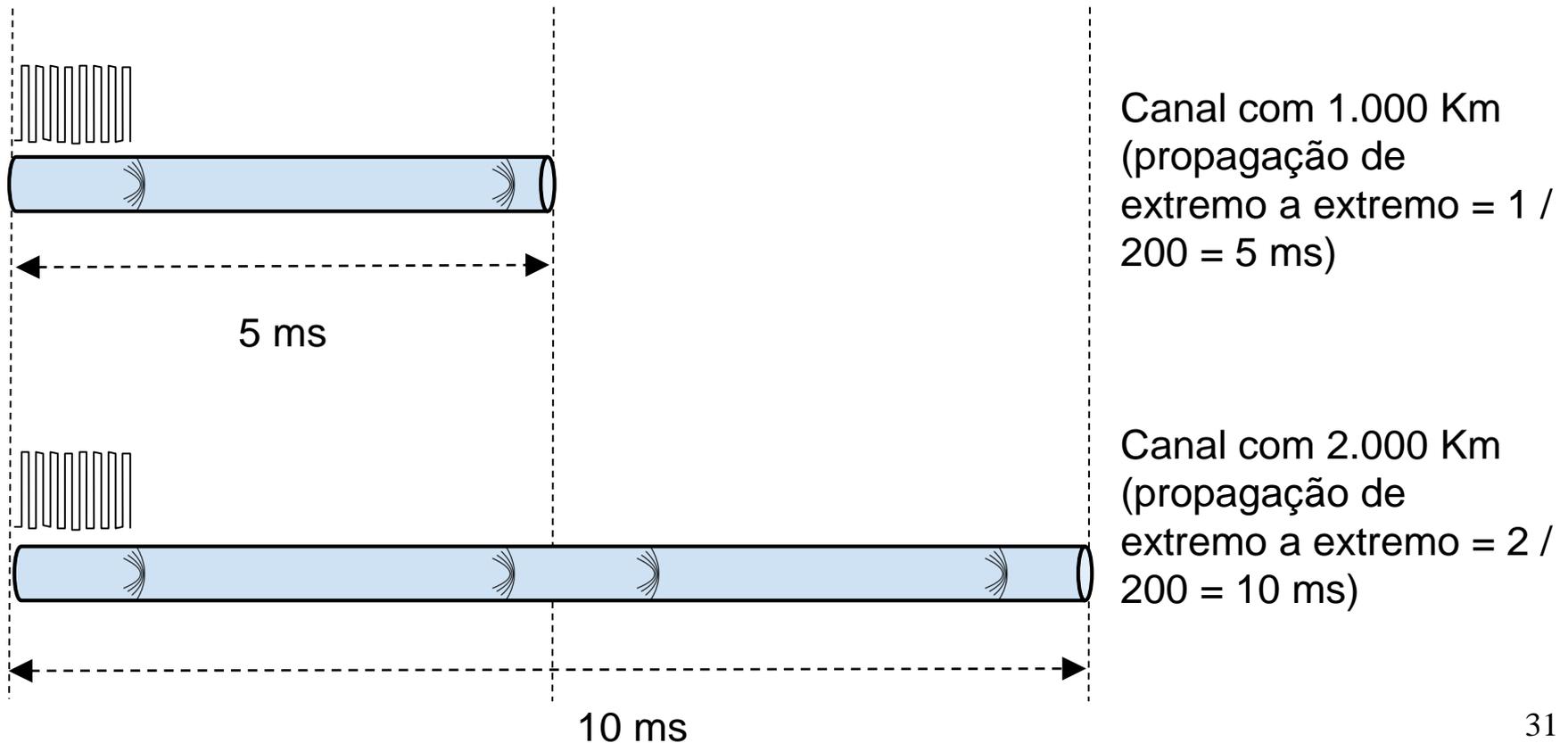
# Tempo de transmissão e débito



Aumentando o débito para o dobro (de 1 K bps para 2 K bps) o tempo de transmissão diminui para metade (1000 bits passam a ser transmitidos em 0,5 s ao invés de 1 s)

# Tempo de propagação

Num canal com 1.000 Km um bit chega à outra extremidade do canal em 5 ms mas se o canal tiver 2.000 Km chega em 10 ms



# Tempo de propagação

O tempo de propagação é o tempo necessário para um bit chegar à outra extremidade do canal. Geralmente, usa-se como valor da velocidade de propagação do sinal, o valor de 200.000 Km / s.

Se um canal tiver 1 Km de comprimento, o tempo de propagação é de  $1 / 200000 = 5 \times 10^{-6} \text{ s} = 5 \mu \text{ s}$  (5 micro segundos). No entanto, se o canal tiver 10.000 Km, como por exemplo um canal do centro da Europa ao centro dos EUA, esse tempo sobe para  $10000 / 200000 = 50 \text{ ms}$  (50 milissegundos), o que pode revelar-se mais significativo.

**Tempo de trânsito de um *frame* =**

**Tempo de transmissão + Tempo de propagação**

**Tempo de transmissão = Dimensão do *frame* / Débito**

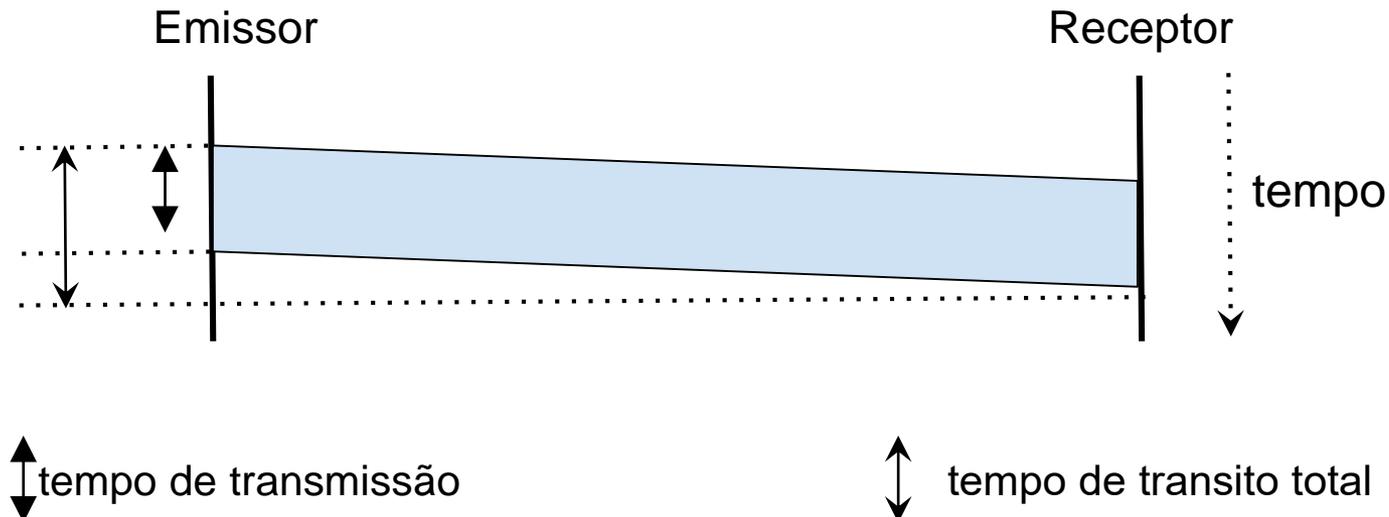
**Tempo de propagação = Dimensão do canal / Velocidade de propagação**

# Tempo de trânsito de um *frame*

Tempo de trânsito de um *frame* =  
Tempo de transmissão + Tempo de propagação

Tempo de transmissão = Dimensão do pacote / Débito

Tempo de propagação = Dimensão do canal / Velocidade de propagação



# Conclusões

- Todas as redes são constituídas por sistemas terminais, canais e nós de comutação. Os canais são de muitos tipos e tecnologias e são caracterizados:
  - Pelo débito
    - Que condiciona o tempo que leva um *frame* a ser transmitido
  - Pelo tempo de propagação
    - Que condiciona o tempo de trânsito dos frames
  - Pela taxa de erros
    - Que condiciona a sua eficiência
- Por outros fatores como por exemplo o meio de suporte e o seu modo de funcionamento